

CLIPPEDIMAGE= JP02001244194A

PAT-NO: JP02001244194A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001244194 A

TITLE: ABBE ARM CORRECTION SYSTEM USED IN LITHOGRAPHY
SYSTEM

PUBN-DATE: September 7, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
GROENEVELD, ROGIER H M	N/A
LOOPSTRA, ERIK R	N/A
BURGHOOORM, JACOBUS	N/A
LEVASIER, LEON M	N/A
STRAAIJER, ALEXANDER	N/A

INT-CL (IPC): H01L021/027; G01B011/00 ; G01B015/00 ;
G03F007/20

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an improved Abbe arm
correction system for a
lithography projection system.

SOLUTION: A reference grating 11 mounted on a wafer table
WT is irradiated with
a measuring beam 20, which impinges in a direction
independent of an
inclination of the wafer table WT. Some diffraction orders
are detected by a
detector 30 for the purpose of correction, which is used
for detecting a wafer
table lateral displacement caused by a non-zero Abbe arm or
an Abbe arm. The
detector 30 is used also for the off-axis alignment of the
wafer and the wafer
table.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線投影ビームを供給する照明システムと、

所望のパターンに従って投影ビームをパターン付けすることのできるパターンニング装置を保持するための第1対象テーブルと、

露光される表面を有する基板を保持するための第2対象テーブルであって、該基板が第2対象テーブル上に保持されたときに前記表面が基準面内に位置するように保持する第2対象テーブルと、

前記パターン付けされたビームを基板のターゲット部分に結像させる投影システムと、

前記第2対象テーブルを、前記投影システムが前記パターン付けされたビームを前記基板上に結像させることのできる露光位置と、測定位置との間で、移動させるための位置決めシステムとを有するリソグラフィ投影装置において、

前記第2対象テーブル平面内の基準点の横方向変位を、前記測定位置での傾斜の関数として測定するための較正システムであって、

前記第2対象テーブルに取り付けられた回折格子と、放射線の測定ビームを発生させ、かつ該測定ビームを前記回折格子により回折されるように前記回折格子に入射するように方向づけるための照明装置と、前記回折格子の位置を検出するための検出器とを含む較正システムを有することを特徴とするリソグラフィ投影装置。

【請求項2】 前記回折格子が、少なくとも部分的に透過性の回折格子であり、前記較正システムが、前記第2対象テーブルの傾斜とは実質的に無関係な方向で前記回折格子に入射するように前記測定ビームを方向づけるための光ガイドを含む、請求項1に記載された投影装置。

【請求項3】 前記較正システムが、前記基準平面内の基準点の変位を測定するように構成かつ配置されており、前記回折格子が、前記第2対象テーブル上の前記基準平面と実質的に平行に取り付けられている、請求項1または請求項2に記載された投影装置。

【請求項4】 前記照明装置が、前記測定ビームを前記回折格子に対して実質的に直角方向の、前記回折格子から間隔をおいた入射光路に沿って照射するように構成されており、前記光ガイドが複数の反射器を含み、該反射器が、前記照明装置に関して前記回折格子の後方で前記第2対象テーブルに取り付けられ、かつ前記入射光路と平行で、該入射光路と反対方向に前記回折格子を通過している戻り光路に前記測定ビームを反射するように位置決めされている、請求項2または請求項3に記載された投影装置。

【請求項5】 前記複数の反射器が、前記測定ビームを反射する互いに直角の3つの面を有する透明体を含む、

請求項4に記載された投影装置。

【請求項6】 前記照明装置が、前記測定ビームを前記回折格子に対して実質的に直角の、該回折格子を通過する入射光路に沿って照射し、前記光ガイドが再反射器を含み、該再反射器が、前記入射光路と実質的に平行の、前記回折格子を戻るように通過している戻り光路に沿って前記測定ビームを反射するように、前記照明装置に関して前記回折格子の後方で前記第2対象テーブルに取り付けられている、請求項1から請求項3までのいずれか1項に記載された投影装置。

【請求項7】 前記再反射器が平面反射器と集光レンズとを含み、該集光レンズが、その焦点距離と実質的に等しい平面反射器からの距離に取り付けられている、請求項6に記載された投影装置。

【請求項8】 前記再反射器が、前記集光レンズを形成するように湾曲された前面と、前記平面反射器を形成するために一部反射性の平坦背面とを有する固体透明材料から構成されている、請求項7に記載された投影装置。

【請求項9】 前記平面反射器が、前記回折格子を通過している第1経路によって回折される測定ビームの実質的にゼロ次数のみを反射するように寸法づけおよび位置決めされている、請求項7または請求項8に記載された投影装置。

【請求項10】 前記平面反射器の平面内であって該平面反射器の反射面の外側に、吸光面または散乱面をさらに含む、請求項9に記載された投影装置。

【請求項11】 前記再反射器がコーナーキューブを含む、請求項6に記載された投影装置。

【請求項12】 前記回折格子の少なくとも一方の面に反射防止被覆をさらに含む、請求項6から請求項11までのいずれか1項に記載された投影装置。

【請求項13】 複数の軸線に関して傾斜した前記第2対象テーブルの変位を測定するための複数の較正システムを含む、請求項1から請求項12までのいずれか1項に記載された投影装置。

【請求項14】 放射線投影ビームを供給する照明システムと、

所望のパターンに従って投影ビームをパターン付けすることのできるパターンニング装置を保持するための第1対象テーブルと、

露光される表面を有する基板を保持するための第2対象テーブルであって、該基板が第2対象テーブル上に保持されたときに前記表面が基準面内に位置するように保持する第2対象テーブルと、

前記パターン付けされたビームを基板のターゲット部分に結像させるための投影システムと、

前記第2対象テーブルを前記投影システムが前記パターン付けされたビームを前記基板上に結像させることのできる露光位置と、測定位置との間で、移動させるための位置決めシステムであって、第2対象テーブルの旋回不

10

20

30

40

50

変点を定義するパラメータを有する電子制御装置を含む位置決めシステムとを有するリソグラフィ投影装置の較正方法において、

異なる傾斜で第2対象テーブルの表面上の基準点の位置を測定する段階と、

第2対象テーブルの表面と第2対象テーブルの旋回不変点との間の距離を計算する段階と、

前記旋回不変点が、第2対象テーブルの基準面から所定の直角方向距離となるように、前記位置決めシステムに含まれる前記電子制御装置のパラメータを調節する段階とを含む、リソグラフィ投影装置の較正方法。

【請求項15】 放射線投影ビームを供給する照明システムと、

所望のパターンに従って投影ビームをパターン付けすることのできるパターンニング装置を保持するための第1対象テーブルと、

露光される表面を有する基板を保持するための第2対象テーブルであって、該基板が第2対象テーブル上に保持されたときに前記表面が基準面内に位置するように保持する第2対象テーブルと、

前記パターン付けされたビームを基板のターゲット部分に結像させる投影システムとを含むリソグラフィ装置を用いてデバイスを製造する方法であって、

前記第2対象テーブルに放射線感応層を備えた基板を提供する段階と、

照明システムを用いて放射線投影ビームを提供する段階と、

投影ビームの断面にパターンを与えるように、前記パターンニング装置を用いる段階と、

第2対象テーブルを露光位置へ移動させてパターン付けされた投影ビームを基板の前記ターゲット箇所へ投影する段階とを含むデバイス製造方法において、

前記測定位置に配置されたときに、種々の傾斜での前記第2対象テーブルの基準点の変位を検出する段階を含むことを特徴とする、デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リソグラフィ装置のアップ・アームの較正に関するものである。より詳しく言えば、本発明は、放射線投影ビームを供給する照明システムと、目標パターンに従って投影ビームをパターン付けし得るパターンニング装置を保持する第1対象テーブルと、基板を保持する第2対象テーブルと、パターン付けされたビームを基板のターゲット部分に結像させる投影システムと、投影システムがマスク部分を基板上に結像することのできる露光位置と、測定位置との間で第2対象テーブルを移動させる位置決めシステムと、を含むリソグラフィ投影装置のアップ・アーム較正システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】「パターンニング装置」という用語は、広義には、入射する放射線ビームの横断面に、基板のターゲット部分に形成されるべきパターンに相応するパターンを与えるために使用される装置として解釈されるべきであり、「ライトバルブ（光弁）」という用語もまた同様に使用される。概して、前記パターンは、集積回路または他のデバイス（詳細は以下を参照）等の、ターゲット部分に形成されるデバイスの特定機能層に対応したものである。このようなパターンニング装置の例は下記を含む。

(1) 前記第1対象テーブルによって保持されるマスク。マスクの概念は、リソグラフィでは周知であり、例えばバイナリ、交番移相、減衰移相の各マスク、並びに種々のハイブリッド・マスクが含まれる。これらのマスクを放射線ビーム内に配置することにより、マスクに当てられる放射線ビームが、マスクのパターンに応じて選択的に透過（透過性マスクの場合）または反射（反射性マスクの場合）させられる。第1対象テーブルにより、マスクを入射する放射線ビーム内の目標位置に確実に保持することができ、かつ所望とあれば、ビームに対して移動させることもできる。

(2) 第1対象テーブルと呼ばれる構造物によって保持される、プログラム可能なミラー配列。このデバイスの一例は、粘弾性制御層と反射面とを有する、マトリックスにアドレス可能な表面である。このミラー配列の基本原理は、反射面の（例えば）アドレスされた区域が、入射光を回折光として反射する一方、アドレスされない区域は入射光を非回折光として反射することである。適当なフィルタを用いることにより、前記非回折光は濾光されて反射光から除去され、回折光のみが残る。このようにして、ビームが、マトリックスにアドレス可能な表面のアドレスパターンに応じてパターン化される。所要のマトリックスへのアドレスは、適当な電子装置を用いて行うことができる。このミラー配列についてのこれ以上の情報は、例えば米国特許第5296891号および第523193号から集めることができる。該特許は、ここに引用することで本明細書に取り入れられるものである。

(3) 第1対象テーブルと呼ばれる構造物によって保持される、プログラム可能なLCD配列。この構成の一例は、米国特許第5229872号である。該特許は、ここに引用することで本明細書に取り入れられるものである。簡略化するために、本明細書の後の部分は、いくつかの箇所にて特にマスクに関わる例に向けられているが、それらの実例で論じられる一般原理は、以上に述べたように、パターンニング装置のより広い文脈であるものとして見なければならない。

【0003】投影システムは、以下では「レンズ」とも呼ばれるが、この用語は、例えば屈折レンズ、反射レンズ、カタディオプトリック系を含むさまざまな種類の投

影システムを包含するものとして広く解釈されたい。照明システムもまた、投影ビームの方向づけ、形状付与、または制御のいずれかの設計タイプに応じて作動する構成素子を含み、該構成素子もまた、以下では、集合的にまたは単独で「レンズ」と呼ぶことがある。加えて、第1、第2の対象テーブルは、「マスクテーブル」、「基板テーブル」と呼ぶこともある。

【0004】リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路(ICS)の製造に使用できる。その場合には、パターニング装置は、ICの個別の層に対応する回路パターンを発生させ、このパターンが、放射線ビーム感応性材料層(レジスト)で被覆された基板(シリコンウェーハ)上のターゲット部分(1つ以上のダイからなる)に結像される。概して、単一ウェーハは、投影システムを介して、一度に1つ、順次に照射される複数の隣接ターゲット部分の全ネットワークを内包している。マスクテーブル上のマスクによるパターニングを採用している現在の装置では、2つの異なる種類の装置が区別される。一方の種類のリソグラフィ投影装置では、各ターゲット部分が照射され、各ターゲット部分に全マスクパターンが一度に露光される。この種の装置は、普通、ウェーハ・ステッパと呼ばれる。普通、ステップ・アンド・スキャン装置と呼ばれる他方の装置の場合、各ターゲット部分が、所定基準方向(「走査方向」)に投影ビーム下で漸次マスクパターンを走査するように照射され、同時に、前記基準方向と平行または逆平行に基板テーブルが走査される。概して、投影システムは倍率M(概して $M < 1$)を有しているので、基板テーブルが走査される速度Vは、マスクテーブルが走査される速度のM倍となる。以上説明したリソグラフィ・デバイスに関するこれ以上の情報は、例えば米国特許第6046792号から集めることができる。該特許はここに引用することで本明細書に取り入れられるものである。

【0005】概して、この種の装置は、単一の第1対象(マスク)テーブルと、単一の第2対象(基板)テーブルとを含んでいる。しかし、少なくとも2つの、独立的に可動の基板テーブルを有する装置も使用可能である。例えば米国特許第5969441号および1998年2月27日提出の米国出願番号第09/180011号(WO98/40791)NI記載の多段(マルチステージ)装置を参照されたい。これらは、ここに引用することで本明細書に取り入れられるものである。この多段装置の基本操作原理は、第1基板テーブルが、テーブル上の第1基板の露光が可能のように投影システムの下に位置する一方で、第2基板テーブルが、ローディング *

$$dX = dRy \cdot AAy$$

【数2】

$$dY = dRx \cdot AAx$$

【0009】アッペ・アームAAx, AAyは、また(Zw-Za)形式で表すのも便利であり、その場合、※50

*(積載)位置へ移動して露光済み基板を排出し、新しい基板をピックアップし、新しい基板に対していくつかの初期計測段階を実施し、次いでこの新しい基板を、第1基板の露光が完了すると直ちに投影システム下の露光位置へ移動させるように用意をする。このサイクルが反復される。このようにして、装置処理量を実質的に高めることができ、このことがまた装置所有者の費用を軽減することになる。

【0006】測定位置において基板に対して行われる測定は、例えば、基板上の意図された種々のターゲット区域(ダイ)と、第2対象テーブル上の基板区域外に配置された基準マーカ(fiducial)との間の空間関係(X方向とY方向での)の検出を含んでいる。この情報は、続いて露光位置で、投影ビームに対するターゲット区域の迅速かつ精密な水平調節を行うために利用できる。これ以上の情報は、例えばWO99/32940(P-0079)参照のこと。該文書にはまた、多くの点における基板表面のZ方向位置を第2対象テーブルの基準平面に関係づけた高さマップを測定位置で準備することも記載されている。しかし、基準平面は測定位置で1つのZ干渉計によって定められ、露光位置では別のZ干渉計が用いられる。従って、2つのZ干渉計間の関係を正確に知る必要がある。

【0007】リソグラフィ・デバイスでのいわゆるアッペ・アーム(アッペ距離)AAx, AAyは、第2対象テーブルに取り付けた基板の表面と、Rx, Ryにおける第2対象テーブル旋回軸線との間隔である。(本明細書では、Riは直角XYZ系でのI方向に平行な軸線を中心とする旋回を表し、該系では、XY平面が傾斜角ゼロの基板表面と平行である)。これらの軸線は、架空のものであり、ソフトウェアによって決定される。なぜなら、概して、X軸とY軸とに関する第2対象テーブルの傾斜は、物理的な旋回軸を中心とする旋回によるより、むしろ間隔をおいた複数のZアクチュエータによって制御されるからである。

【0008】露光位置での非ゼロ・アッペ・アームは、添付図面の図2に示されている。この図に見られるように、アッペ・アームAAyが例えば非ゼロの場合、Y軸を中心として基板Wが角度dRyだけ旋回すれば、基板上の投影レンズ系PLの中心焦点Pが量dXだけ変位する。これに対応して、旋回角度dRxは変位量dYを生じさせる。旋回角度が小さい場合は、次式が適用される:

【数1】

$$(1)$$

$$(2)$$

※Zwは装置の基準系での基板表面の高さであり、Zaは該基準系での関連旋回軸の高さである。

【0010】第2対象テーブルの旋回不変点は、第2対象テーブルの位置を測定する干涉計システムを参照してソフトウェアによって決定されるので、アップ・アームをゼロ設定することは難しくないと考えられる。しかし、アップ・アームに対する高精度の要求と、複数の干涉計システム間に存在する不規則性により、アップ・アームが、初期設定時に極めて高い精度で較正される必要がある。この較正は、ドリフトの発生のために、設定後に反復する必要がある。

【0011】較正目的のため露光位置でアップ・アームを検出する公知の方法は、第2対象テーブルの種々の傾斜で一連の基準マークを備えた基板を露光させることである。基板の現像後、異なる傾斜に対するXおよびY方向でのマークの移動を測定することによって、アップ・アームを検出できる。アップ・アームは干涉計システムに事実上依存しているため、較正は、測定位置と露光位置との双方で行わねばならない。しかし、公知の方法は、測定位置で露光デバイスを利用できないので、使用できない。基板の現像には、また時間が必要になる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、先行技術の欠点が防止もしくは軽減された、リソグラフィ投影装置のアップ・アーム較正システムを得ることにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、リソグラフィ投影装置であって、放射線投影ビームを供給する照明システムと、所望パターンに従って投影ビームをパターンニングし得るパターンニング装置を保持する第1対象テーブルと、露光される表面を備えた基板を保持する第2対象テーブルであって、前記基板が該テーブル上に保持された場合に、前記表面が基準面内に位置するように保持する第2対象テーブルと、基板のターゲット部分に、パターン付けされたビームを結像させる投影システムと、前記投影システムが前記パターン付けされたビームを前記基板上に結像可能な露光位置と、測定位置との間で、前記第2対象テーブルを移動させるための位置決めシステムとを含む形式の装置において、前記第2対象テーブル平面内の基準点の横方向変位を、前記測定位置での傾斜の関数として測定する較正システムであって、前記第2対象テーブルに取り付けられた回折格子と、放射線の測定ビームを発生させ、かつ回折格子で回折されるように該測定ビームを回折格子に入射するように方向づける照明装置と、前記回折格子の位置を検出するための検出器とを含む較正システムにより特徴づけられるリソグラフィ投影装置が提供される。

【0014】前記第2対象テーブルの平面内の基準点の横方向変位を、傾斜の関数として測定する較正システムを使用することによって、測定位置におけるアップ・アーム測定が可能である。アップ・アームが測定される

と、第2対象テーブルの基準平面からの所定の直角方向距離に、アップ・アームを較正することが可能である。この所定の直角方向距離は、第2対象テーブルの傾斜により前記基準平面内の基準点の横方向変位が生じないように、ゼロに設定されるのが好ましい。

【0015】好ましくは、前記回折格子は、少なくとも部分的に透過性の回折格子であり、前記較正システムは、前記測定ビームを、前記第2対象テーブルの傾斜には事実上依存しない方向で前記回折格子へ入射するように方向づけるための光ガイドを含んでいる。

【0016】第2対象テーブルの傾斜に依存しない入射角度を有する測定ビームの使用によって、非ゼロのアップ・アームを有する基準格子の横方向変位が、基準格子からの回折ビームの傾斜依存と関係なく測定可能であり、または該傾斜依存から切り離すことができる。これが必要となるのは、セットアップ中、回折格子の位置測定に使用される検出器が集束されずに、回折格子の位置測定が回折ビーム角度に依存するだろうからである。この問題は、第2対象テーブルの傾斜に依存しない入射角を有する測定ビームを使用することによって解決される。

【0017】本発明の別の観点によれば、放射線投影ビームを供給する照明システムと、所望のパターンに従って投影ビームをパターン付けし得るパターンニング装置を保持するための第1対象テーブルと、露光されるべき表面を有する基板を保持するための第2対象テーブルであって、前記基板が該テーブル上に保持される場合に、前記表面が基準面内に位置するように保持する第2対象テーブルと、基板のターゲット部分に、パターン付けされたビームを結像させる投影システムと、前記投影システムが前記パターン付けされたビームを前記基板上に結像することのできる露光位置と測定位置との間で、前記第2対象テーブルを移動させる位置決めシステムであって、第2対象テーブルの旋回不変点を定義するパラメータを有する電子制御装置を含む位置決めシステムと、を有するリソグラフィ投影装置を較正する方法であって、異なる傾斜で第2対象テーブルの表面上の基準点の位置を測定する段階と、第2対象テーブルの表面と第2対象テーブルの旋回不変点との間の距離を計算する段階と、前記旋回不変点が第2対象テーブルの基準面から所定の直角方向距離に位置するように、前記位置決め装置に含まれる前記電子制御装置のパラメータを調節する段階とを含むリソグラフィ投影装置の較正方法が提供される。

【0018】本発明の更に別の観点によれば、放射線投影ビームを供給する照明システムと、所望のパターンに従って投影ビームをパターン付けし得るパターンニング装置を保持するための第1対象テーブルと、露光される表面を有する基板を保持するための第2対象テーブルであって、前記基板が該テーブル上に保持される場合に、前記表面が基準面内に位置するように保持する第2対象テ

ープルと、パターン付けされたビームを基板のターゲット部分に結像させる投影システムとを含むリソグラフィ投影装置を用いてデバイスを製造する方法であって、前記第2対象テーブルに放射線感応層を備えた基板を提供する段階と、照明システムを用いて放射線投影ビームを提供する段階と、投影ビームの断面にパターンを与えるために、前記パターンニング装置を用いる段階と、第2対象テーブルを露光位置へ移動させてパターン付けされた投影ビームを基板の前記ターゲット箇所へ投影する段階とを含むデバイス製造方法において、前記測定位置に配置されたときに、種々の傾斜での前記第2対象テーブルの基準点変位を検出する段階とを含むデバイス製造方法が提供される。

【0019】本発明によりリソグラフィ投影装置を使用して製造する過程において、マスクのパターンは、放射線感応性材料（レジスト）層で少なくとも部分的に被覆された基板上に結像される。この結像段階の前に、基板は、例えばブライミング、レジストの塗布、ソフトベイク等種々の処理を受ける。露光後、基板は、例えば露光後ベイク（PEB）、現像、ハードベイク、結像構造部の測定／点検等の別の処置を受ける。この一連の処置は、例えば集積回路等のデバイスの個別層をパターン付けする基礎として用いられる。このパターン付けされた層は、次いで種々の処置、例えばエッチング、イオン注入（ドーピング）、メタライゼーション、酸化、化学・機械式研磨等の、個別層を仕上げる目的のあらゆる処置を受け得る。複数の層が要求される場合は、処置の全体又はその処置の変形が新たな各層に対して反復される。場合により、基板（ウェーハ）上には多くのデバイスが存在する。これらのデバイスは、次にダイシングまたはソーイング等の技術によって互いに分離され、個々のデバイスには、キャリアに取り付けられ、またはピンに接続される等々の処置が行われる。これらの工程についてのこれ以上の情報は、例えばピーター・ヴァン・ザント著『マイクロチップの製造：半導体加工の実用案内』第3版（1997年、マグローヒル社発行、ISBN 0-07-067250-4）から得ることができる。

【0020】本明細書では、本発明による装置を集積回路の製造に使用することに特定して言及してはいるが、この装置には、他の多くの可能な用途があることを明確に理解すべきである。例えば光学集成システム、磁区メモリ、液晶ディスプレイ・パネル、薄膜磁気ヘッド等の製造に採用できる。それらの他の用途との関連では、本明細書に用いられている「レチクル」、「ウェーハ」、「ダイ」等の用語は、より一般的な「マスク」、「基板」、「ターゲット区域」とそれぞれ置き換えられると考えるべきであることが、当業者には理解されよう。本明細書では、「放射線」および「ビーム」の用語は、あらゆる種類の電磁放射または粒子流束を包含する意味で用いられ、この用語には紫外線（例えば、波長365nm、248nm、193nm、157nm、126nm）、EUV、X線、電子、イオンが含まれる。

【0021】以下、本発明の実施例を添付略示図につき説明する。図中、同様の符号は同様の部分を示す。

【0022】

【発明の実施の形態】（実施例1）図1には、本発明によるリソグラフィ投影装置が略示されている。該装置は、投影ビーム（例えばUVまたはEUV）PBを供給する放射線システムKA、Ex、IN、COと、マスクMA（例えばレチクル）を保持するマスクホルダーを備え、かつアイテムPLに対してマスクを正確に位置決めするための第1位置決め装置に接続された第1対象テーブルと、基板W（例えばレジスト被覆シリコンウェーハ）を保持する基板ホルダーを備え、かつアイテムPLに対して基板を正確に位置決めするための第2位置決め装置に接続された第2対象テーブル（基板テーブル）と、基板Wのターゲット部分C（ダイ）上にマスクMAの被放射部分を結像させるための投影システム（「レンズ」）PL（例えば屈折またはカタディオプトリック・レンズ、ミラー群、界磁偏向器の列のいずれか）とを含んでいる。図示のように、投影装置は透過型（すなわち透過性マスクを有している）である。しかし、一般に、例えば反射型の装置を使用してもよい。

【0023】放射線システムは、放射線ビームを発生させる放射線源LA（例えば水銀ランプ、エキシマレーザ、蓄積リングまたはシンクロトロン内の電子ビーム経路周囲に設けられたアンジュレータ、電子源、イオンビーム源のいずれか）を含んでいる。このビームが照明システムに含まれる種々の光学素子（例えばビーム付形光学素子Ex、積分器IN、集光レンズCO）に沿って通過する結果、合成ビームPBは、その横断面が目標形状および目標強度分布を有することになる。ビームPBは、続いて、マスクテーブルMT上のマスクホルダー内に保持されたマスクMAに入射する。マスクMAを通過したビームPBは、レンズPLを通過する。レンズPLは、ビームPBを基板Wのターゲット区域C上へ集束させる。干渉計による変位測定装置IFによって、基板テーブルWTは、例えばビームPBの光路内に異なるターゲット区域Cを位置決めするように、精密に移動せしめられ得る。同じように、例えばマスクライブラリからマスクMAを機械式に取り出した後、第1位置決め装置を用いて、ビームPBの光路に対してマスクMAを精密に位置決めできる。総じて、対象テーブルMT、WTは長行程モジュール（コース位置決め）と短行程モジュール（精密位置決め）とによって実現されたが、該モジュールは、図1には明確には示されていない。

【0024】図示の装置は2つの異なるモードで使用できる：

(1) ステップ・モード。このモードでは、マスクテーブルMTが事実上定量的に維持され、マスクの全面像

10

20

30

40

50

が一度に(例えば単一フラッシュで)ターゲット区域Cに投影される。次いで、基板テーブルWTがX方向および/またはY方向に変位され、それにより異なるターゲット区域CがビームPBにより照射される。

(2) 走査モード。このモードでは、所定ターゲット区域Cが単一「フラッシュ」で露光されない点を除き、事実上同じシナリオが適用される。マスクテーブルWTは、その代わり所定方向(いわゆる「走査方向」、例えばX方向)に速度Vで移動可能であり、それにより、投影ビームPBがマスク画像全体にわたり走査するようになされ、同時に、基板テーブルWTが同じ方向または逆方向に速度V=mVで移動せしめられる。この場合、MはレンズPLの倍率である(通常、M=1/4または1/5)。このようにして、比較的大きいターゲット区域Cが露光され、解像度について妥協する必要がない。

【0025】図3に示すように、本発明の第2対象(ウェーハ)テーブルWTは、アップ基準格子11と呼ばれる基準格子を、ウェーハWによって覆われた区域の外側区域の上面に備えている。アップ基準格子11は、ウェーハテーブル上の、ウェーハWに対して周知の位置、特に、ウェーハ上面に対して周知の高さに配置されている。該高さは、周知の種類の高さセンサ(図示せず)によって決定できる。アップ基準格子11の背後(つまり下)には、光ガイド12が設けられている。図4に示すように、光ガイド12は、光源(照明装置)21から発せられる測定ビーム20を入口13を介して受け取り、*

$$\sin \beta m + \sin \beta' m = m \lambda / d$$

この式において、 β は入射角、 β' は回折ビームの角度、 m は回折次数である。 $m=0$ と置けば、ゼロ次数のビームは傾斜に影響されないが、次数が高まれば、影響の度合いが増大することが、直ちに見て取れよう。すべての次数が、非ゼロのアップ・アームによるアップ基準格子の変位によって影響を受ける。

【0027】図6には、検出器30(図4参照)の適当な形式が示されている。この検出器は、主にウェーハ位置と軸線外整合ユニット内のウェーハテーブル基準マークとの精密測定用に設計されているが、本発明用に使用しても好都合である。検出器は、より詳しくはWO98/39689に記載されているので、ここでは、その機能の概略を述べるにとどめる。アップ回折格子11からの回折次数22は、第1レンズ系L1によって捉えられる。分かりやすくするために、回折次数22(-7), 22(-5), 22(-1), 22(+1), 22(+5), 22(+7)のみが示されているが、実際には、ゼロ次数を除いて、すべての次数が使用できる。ゼロ次数は、この検出器の設計目的の用途には使用されない。その代わりに、位置測定を要する格子への正面照明ビームの方向づけに使用される小型コーナプリズム用に、その区域が使用される。特にアップ校正するようにされた検出器では、実際にゼロ次数を使用することができ ※50

* 3回反射することにより、測定ビームは入射方向と平行な光路に沿ってアップ基準格子11を通過して戻る。アップ基準格子としては、適当などのような整合格子を用いてもよい。光源21に対するウェーハテーブルのどのような(小さい)傾斜にも依存することなく、測定ビーム20の帰路が入射光路と平行となるように、光ガイド12を構成することが重要である。この実施例の場合、光ガイド12は、相互に直角な3つの端面12a, 12b, 12cを備えたコーナーキューブにより構成され、これらの端面で測定ビームが反射される。これらの端面には、ビームの反射性を高めるために被膜を設けてもよい。

【0026】戻り測定ビーム20は、アップ基準格子11により回折させられ、いくつかの回折次数22

(0), 22(-1), 22(+1)が生じる。これら回折次数のすべてまたは選択された次数が、アップ回折格子11の変位(所定傾斜角での)を検出するために、検出器30によって使用される。アップ回折格子11の変位を、ウェーハテーブルの異なるいくつかの傾斜で測定することで、アップ・アームを検出でき、テーブル位置制御ソフトウェアの関連パラメータは、傾斜による変位が観察されなくなり、アップ・アームがゼロを指示するまで、調節される。図5には、各回折次数でのウェーハテーブル傾斜の効果が示されている。格子方程式により:

【数3】

[3]

※。同じように、レンズ系L1は単一の集光レンズとして示されているが、実際には、より複合的なレンズ系にすることができる。

【0028】アップ基準格子11を出る場合の異なる回折次数22は、格子方程式によって決定される、それぞれ異なる角度位置を有している。レンズ系L1は、異なる複数ビームを平行化し、それらの各角度を平面P内での異なる位置に変換することにより、該平面内で異なる次数が分離される。この平面には次数ダイアフラム31が配置されている。次数ダイアフラム31は、選択された次数を単にブロックするというよりは、むしろ各次数のビームに予め定めた偏向を与えるため、少なくとも数個の次数開口内に光学くさび32, 33, 34, 35を含んでいる。次数ビームは、次いで固定基準格子36, 37, 38上へ集束され、該基準格子の裏側には、各光検出器39, 40, 41が配置されている。光学くさびは、固定基準格子36, 37, 38のうちの1つの同じ格子上へ、対応する奇偶次数と一緒に導かれるように構成されている。例えば、第7次数22(+7), 22(-7)は一緒に基準格子36へ導かれる。各光検出器39, 40, 41の出力は、アップ基準格子11の画像が各基準格子36, 37, 38と合致する度合いに依存する。注意すべき点は、図6のビームと検出器との配置は

全くの略示に過ぎず、実際には光学くさびは、異なる次数のビームを平面に対して直角方向に偏向させる。該平面内では、各対の次数+veと-veが等しい光路長を有し干渉を有するようにビームが展開する。

【0029】非ゼロのアップ・アームAAy, AAxにより生ぜしめられる、アップ基準格子11の横方向変位dX, dYは、異なる回折次数により運ばれる格子の画像に反影されて、検出器30内の基準格子36, 37, 38に投影される。光検出器39, 40, 41の出力は、したがってアップ基準格子11の位置でのアップ・アームAAy, AAxの検出に使用される。ウェーハテーブルの残りの区域および該テーブル上のウェーハに対するアップ基準格子11のZ方向位置は、周知の種類のZセンサを使用して検出できる。例えばWO99/32940を参照されたい。この情報により、テーブル位置決めソフトウェアを適切に較正することができる。

【0030】整合ユニット30は、レンズ系L1の焦点面が正確にアップ基準格子11と合致する場合に、各検出器のところで画像位置がアップ基準格子の傾斜に依存しないように、構成されている。しかし、整合ユニットは、アップ・アームが既知となり、位置決め座標系と調節系とが整合するまでは、正確には集束され得ない。検出器に集束するまでは、傾斜への依存が基準格子36, 37, 38上の画像位置に影響し、したがってアップ・アーム検出用の信号誤差が生じる。しかし、この誤差は、回折次数が高い場合も、実際には小さい値である。したがって、本発明では、検出器に集束する前に、アップ・アームの迅速な初期測定を行って、検出器に集束した後で測定値を修正することが可能である。

【0031】図4に示した光源21は、アップ較正処置専用の別個の光源、例えばレーザー・ダイオードか、または検出器30を有する整合ユニットの光源でよい。その場合、行われる機能のための適切な格子を照明するために、照明光を選択的に導く装置を備える必要がある。アップ・アーム較正を稀にしか実施する必要がない場合には、例えばファイバ接続板内の交換可能なプラグを用いてもよい。より頻繁にアップ・アーム較正が望まれる場合は、従来式のビームスプリックおよびシャッタ、または機械式に可動のミラーを、コリメータと一緒に使用して、適切な格子を照明するように、光を導くために使用するファイバに照明光を出入させることができる。

【0032】(実施例2) 本発明の第2実施例は、以下で述べるように、光ガイド12が、アップ基準格子11のすぐ背後に配置された再反射器12'に替えられていることを除けば、第1実施例と同じである。図7に見られるように、測定ビーム20は、アップ基準格子11の前面に向けられており、基準格子11'は、前記のように、透過性の回折格子である。ゼロ次数のビームは、そらされることなく、再反射器12'によって入射光路と平行な光路に沿って戻される。戻りビームは、ま

たアップ基準格子11'によって回折され、目標回折次数が、既述のようにアップ・アームの測定用に検出器30 (図7には示されていない) により集められる。再反射器12'は、いわゆる「キャッツアイ」を含み、該キャッツアイは、レンズ121と、焦点距離fに等しい、レンズ121からの距離に配置されたミラー122とから成っている。好ましくは、レンズ121は、単一の透明体123の湾曲前面に埋め込まれており、該透明体は、選択的に銀めっきされた、ミラー122を形成する平らな後面を有している。

【0033】望ましくない回折および反射ビームの除去が、図7に示されている。望ましくない第1成分にはアップ基準格子11'の前面からの反射が含まれる。これらの反射は、直進ビームr0または回折ビームr1であり、基準格子11'の前面に反射防止被覆を設けることで最小化される。次に、基準格子11'の後面からの反射があるが、これらの反射は、更にビームr2bとして回折されるビームr2aで示された反射か、またはゼロ次数の、ビームr4で示された反射か、どちらかの回折次数である。これらの反射は、小さく、また適当な反射防止被覆により最小化できる。注意すべき点は、ビームr0とビームr4とは、入射ビーム20の光路に沿って戻るが、図7では、見やすくするために、ずらせて示してあることである。測定ビーム20により基準格子11'の第1通過点で発生せしめられるゼロ以外の次数(r3と示す)は、透明体123の後面124に集束し、次いでビームr9として戻る。これらの次数の反射は、所望のゼロ次数が入射する銀めっき区域122の外側の後面124を黒くすることで最小化できる。レンズ121のガラスと空気との境界面で発生する望ましくない反射r3', r7, r8は、別の反射防止被覆で回避できる。基準格子11'の第2通過点でのゼロ次数は、所望どおり検出器30によって使用またはブロックできる。

【0034】(実施例3) 図示されていない第3実施例では、測定ビーム20が、ウェーハテーブルの長行程駆動モジュールに固定された光源(照明装置)によって用意できる。ウェーハテーブルの傾斜が短行程モジュールによって制御されるので、測定ビームの入射方向は、ウェーハテーブルの傾斜には依存しない。長行程駆動モジュールに固定された光源は、他のどこかに、例えば検出器30用に使用される整合センサ内に配置されたレーザーまたは他の光発生器を含み、光ファイバを介して長行程駆動モジュールに固定された発出点に接続されている。測定ビーム20は、ウェーハテーブルを介して方向づけられ、下方からアップ・アーム基準マークを照明する。

【0035】(実施例4) 本発明の第4実施例(図示せず)では、アップ基準格子11の背後のウェーハテーブルに固定された光源が使用される。このことの利点は、

15

基準格子が直接に照明されるため、測定ビームの偏光状態を申し分のないものにすることができ点である。これにより、測定ビームの反射時にp成分とs成分との間に導入される位相差による偏光のずれが防止される。測定ビームの申し分のない偏光状態により、検出器30の精度が改善できる。この実施例では、測定ビームの入射方向がウェーハテーブル傾斜に依存しないため、検出器30による検出測定が、該検出器の焦点面のZ方向位置に大幅に依存し、その結果、アップ・アームを十全に検出するには、該検出器の完全な校正が必要となる。

【0036】(実施例5)本発明の第5実施例(図示せず)では、アップ・アームの校正が集束整合システムの使用により検出される。この整合システムは、整合信号のコントラストを考慮することで集束できる。このシステムが集束しない場合は、コントラストが最適集束時の最大値から減少するであろう。あるいはまた、整合システムは、整合信号の傾斜依存を考慮することによって集束可能である。整合信号が傾斜に依存しない場合は、整合システムは最適集束となる。整合センサが正確に集束すると、アップ・アームは、ウェーハテーブルの高さおよび傾斜の関数としての、前記第2対象テーブル平面内の基準点横方向変位を直接測定することで校正できる。この基準点は前記第2対象テーブルに取り付けられた基準格子の形式を取ることができる。

【0037】(実施例6)第6実施例(図示せず)では、専用の露光装置が、2段階リソグラフィ装置の測定位置に備えられている。この専用露光装置は、比較的小さい固定規準パターンの露光に必要なだけなので、リソグラフィ装置の主露光システムより、かなり簡単なものでよい。最低限、この専用露光装置は、照明放射線ビームを供給する装置と、固定規準パターンと、投影システムとを含んでいる。照明放射線ビームは、持ち合わせのレジスト現像装置を使用できるように、主露光システムで露光されるレジストと等しいレジストを露光可能であるのが好ましい。以上、本発明の具体的な実施例を説明したが、本発明は、説明とは別様に実施することもできることが理解されよう。説明は、本発明を制限する意図のものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例によるリソグラフィ投影装置の図。

16

【図2】非ゼロであるアップ・アームの効果を示す図。

【図3】図1の実施例のウェーハ(基板)テーブルの平面図。

【図4】本発明の第1実施例によるアップ・アーム測定装置の側面図。

【図5】透過性回折格子の各回折次数の回折角度への傾斜の効果を示す図。

【図6】回折格子の位置測定のため、本発明の第1実施例に使用される整合センサを示す図。

【図7】本発明の第2実施例に使用される再反射器の側面図。

【符号の説明】

11、11' 基準格子

12 光ガイド

12' 再反射器

13 入口

20 測定ビーム

22 回折次数

30 検出器

31 次数ダイアフラム

32、33、34、35 光学くさび

36、37、38 基準格子

39、40、41 光検出器

121 レンズ

122 ミラー

123 透明体

124 後面

C ターゲット区域

CO 集光レンズ

30 dX、dY 横方向シフト

Ex ビーム付形光学素子

IF 変位測定装置

IN 積分器

LA 光源

MA マスク

MT マスクテーブル

PB 投影ビーム

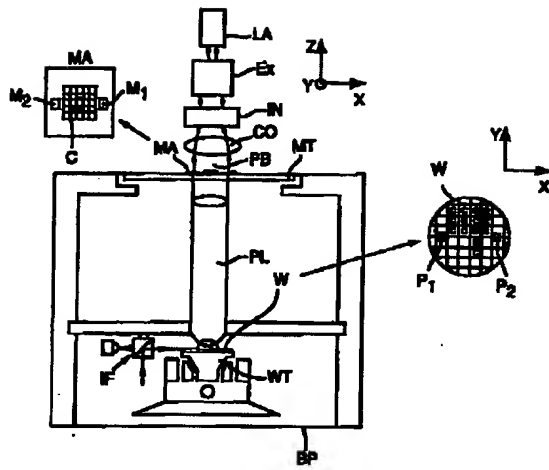
PL レンズ

V 速度

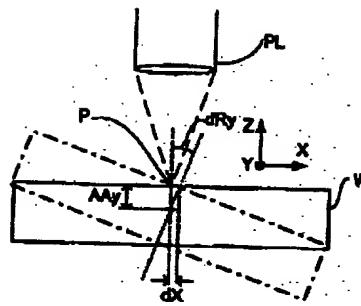
40 W ウェーハ

WT ウェーハテーブル

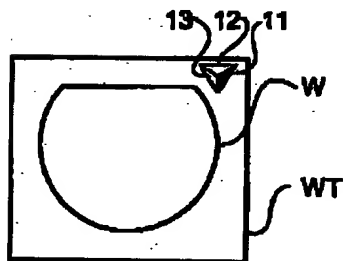
【図1】



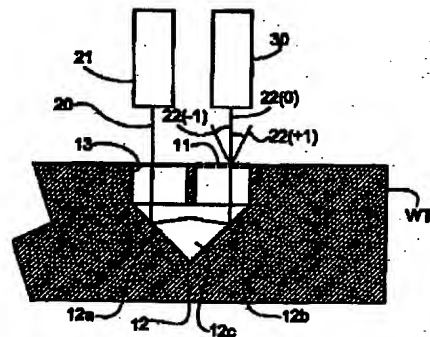
【図2】



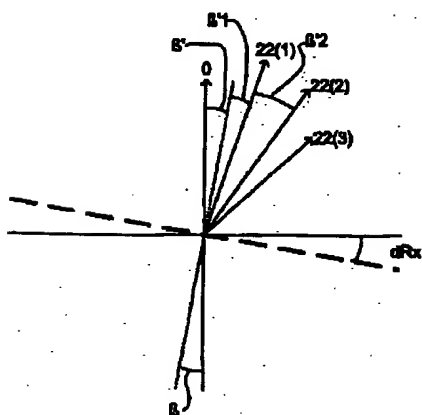
【図3】



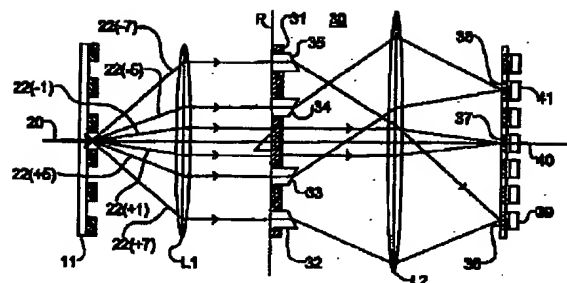
【図4】



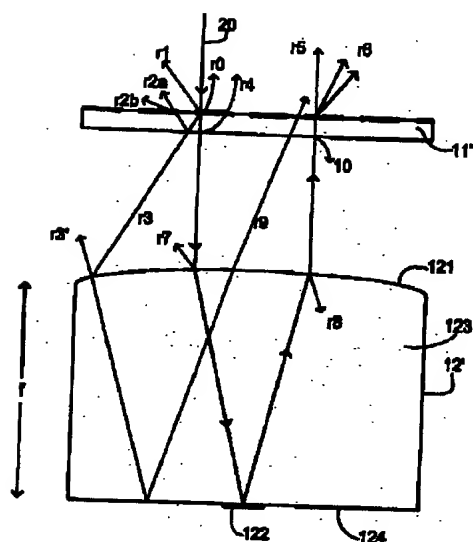
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ヤコブス、ブルクホールン
オランダ国 ハエレン、オア デン ドリ
エス 5

(72)発明者 レオン マルチン、レファジエル
オランダ国 ヘデル、スタティオンスヴェ
ク 8

(72)発明者 アレグザンデル、ストラーイエル
オランダ国 エイントホーフェン、シクラ
メンシュトラート 2